

Lithostratigraphie et histoire paléozoïque à paléocène des complexes métamorphiques de la région de Muteh, zone de Sanandaj–Sirjan (Iran méridional)

Nematollah Rachidnejad-Omran^a, Mohammad Hachem Emami^b, Mossaïeb Sabzehei^b, Ebrahim Rastad^a, Hervé Bellon^{c,*}, Alain Piqué^c

^a Université Tarbiat-Modarres, Teheran, Iran

^b Service géologique d'Iran, P.O.B. 13185–1494 Teheran, Iran

^c UMR 6538, IUEM, université de Bretagne occidentale, av. Victor-Le-Gorgeu, 29285 Brest, France

Reçu le 21 août 2001 ; accepté le 22 octobre 2002

Présenté par Jean Dercourt

Abstract – Lithostratigraphy and Palaeozoic to Palaeocene history of some metamorphic complexes from Muteh area, Sanandaj–Sirjan zone (southern Iran). A detailed analysis of metamorphic complexes outcropping in the Muteh area in central Iran leads to establish the regional stratigraphical column, and to propose a Palaeozoic age for the metamorphic protolith that mainly consists of volcano-sedimentary units. ⁴⁰K–⁴⁰Ar ages for minerals suggest the Mesozoic age of the metamorphic amphiboles and the Palaeocene ones for a late or even post metamorphic bimodal magmatism. *To cite this article: N. Rachidnejad-Omran et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 1185–1191.*

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

metamorphic complex / amphibolites / gneisses / granitoids / Palaeozoic / Mesozoic / Cainozoic / ⁴⁰K–⁴⁰Ar dating / Iran / Sanandaj–Sirjan

Résumé – L'analyse détaillée de complexes métamorphiques de la région de Muteh (Iran central) permet d'établir la colonne stratigraphique de la région et de proposer un âge Paléozoïque pour le protolithe, pour une large part volcano-sédimentaire. Des datations ⁴⁰K–⁴⁰Ar sur minéraux mettent en évidence l'âge Mésozoïque des amphiboles métamorphiques et l'âge Paléocène d'un magmatisme basique et acide tardi-, voire post-métamorphique. *Pour citer cet article : N. Rachidnejad-Omran et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 1185–1191.*

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

complexe métamorphique / amphibolites / gneiss / granitoïdes / Paléozoïque / Mésozoïque / Cénozoïque / datations ⁴⁰K–⁴⁰Ar / Iran / Sanandaj–Sirjan

Abridged version

1. Introduction

The Sanandaj–Sirjan zone (SSZ) which runs over 1500 km length and 150–200 km width with a NW–SE trend between the central Iran block and the Zagros range (Fig. 1A) is a part of Zagros orogen [1, 2], considered as an

aulacogeosynclinal or aborted rift [8]. It consists of mafic-ultramafic rocks, metamorphic complexes and Mesozoic sequences. The mafic-ultramafic rocks have been attributed to the Upper Precambrian–Lower Cambrian [8]. The metamorphic complexes that are studied in the present note have been attributed in the past either to the Precambrian [12], the Palaeozoic [8], for lower parts of the Sanandaj–Sirjan zone, and even the Mesozoic [5, 8]. Within this zone, the

* Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : bellon@univ-brest.fr (H. Bellon).

Muteh area [7] (Fig. 1B) is interesting because of its gold occurrences, known since the Persian antiquity. Our aim is to discuss the regional lithostratigraphy including the numerous magmatic components and structural environment based on new field data and geochemical results and mineral isotopic ages (Tables 1 and 2).

2. The lithostratigraphic column

The lithostratigraphic column (Fig. 2) deduced from field observations in the Muteh area comprises, from bottom to top: (I) gneisses with minor amphibolites and mica-schists, which gradually vary to an alternately sequence of mica-garnet schists, quartzites, phyllites and marbles; (II) alternations of mica-greenschists and orthometamorphic rocks, which are either dark green amphibolites or light-coloured metarhyolites and metafelsic tuffs, commonly associated to the Au concentrations – the upper part of this sequence includes a folded, thin bedded, sandy-cherty carbonate unit –; (III) slates and sandy slates, in which carbonate beds are more and more abundant upward; (IV) brown cherty dolomites with minor limestones, often in tectonic contact with the underlying rocks.

3. The metamorphic protoliths

Comparisons with unmetamorphosed comparable sequences occurring in central Iran suggest that the whole column is Palaeozoic in age and that it was metamorphosed and deformed during Mesozoic times. This interpretation is confirmed by palaeontological evidences that attribute the upper carbonates to the Permian [6] and the underlying slates to the Carboniferous.

1. Introduction

La zone de Sanandaj–Sirjan ou ZSS [1, 2] est située entre le bloc composite d'Iran central au nord et la chaîne du Zagros au sud (Fig. 1A). Orientée NW–SE, elle s'étend sur plus de 2000 km, et se compose de terrains sédimentaires mésozoïques, de roches basiques et ultrabasiques de type ophiolitique et de complexes métamorphiques.

Les roches métamorphiques, étudiées dans la région de Muteh [7], au nord-ouest d'Ispahan, font l'objet de cet article. Ces roches, souvent de haut degré métamorphique, restent jusqu'à présent mal datées, puisqu'on les avait considérées comme précambriennes [11], paléozoïques [8] et même mésozoïques [5, 8]. On se propose ici d'en établir la colonne lithostratigraphique, d'en définir l'âge et de discuter les implications de ces datations dans le cadre de

4. The magmatic rocks

The geochemical characteristics of selected metamagmatic rocks (Table 1) indicate the presence of basic and acid magmas, with tholeiitic and alkaline affinities. At least magmatic rocks belong to two different series. At the scale of the outcrop, the sulphide mineralisations are always located around or in the felsic rocks, suggesting they represent either former active hot springs or exhalations (Fig. 1B) nearby submarine volcanism.

5. The regional structure and isotopic ages

It is dominated by a composite (S_{0-1-2}) foliation, initially flat-lying and NW–SE trending, subparallel to the shear planes. Low plunging mineral lineations are indicative of a strong component of the motion along the shear planes. The age of the metamorphic deformations is not completely determined. All Palaeozoic rocks, including the Permian carbonates, are affected, but the local absence of younger strata does not allow us to bracket accurately the deformational episode. ^{40}K – ^{40}Ar ages of extracted minerals (micas, amphiboles and feldspars) as well as whole rock listed in Table 2 suggest that the metamorphic deformation occurred by the end of Middle Jurassic.

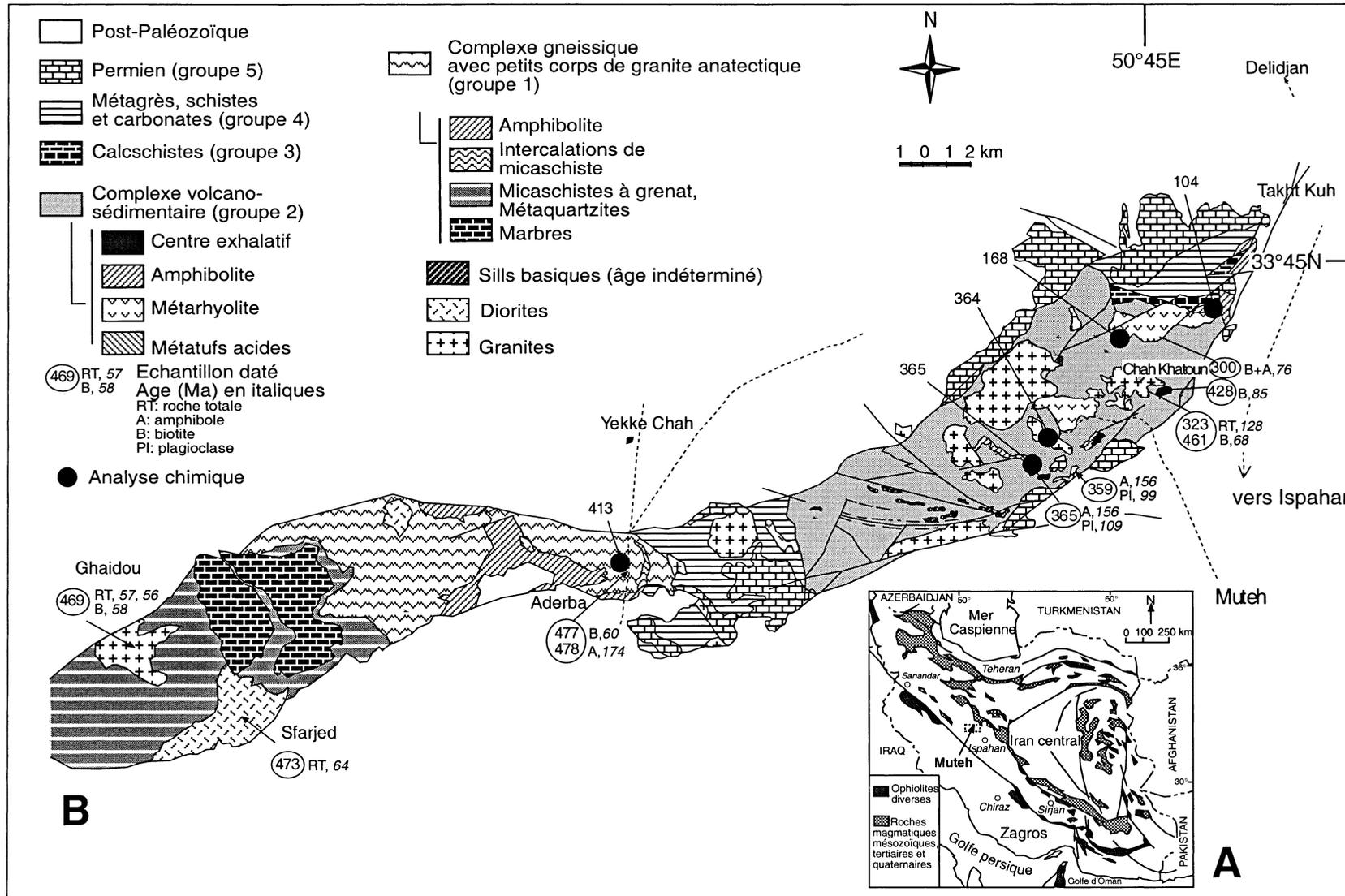
Three different clusters of isotopic ages are evidenced: between 174 and 153 Ma, for amphiboles located within the metamorphic foliation of the amphibolites; between 85 and 68 Ma for separated biotite and whole-rock sample from the Chah Khatoun granitic complex and between 64 and 56 Ma for biotites and whole-rock sample from the Ghaidou granite (Fig. 1B). Isotopic ages for amphiboles are interpreted as closure temperature ages at 475 °C [3] or even at higher temperatures [12], not far from melting temperatures. Similar interpretations, but for much lower temperature closure, are given for biotite ages.

l'évolution géodynamique de cette partie du domaine néo-téthysien.

2. La colonne lithostratigraphique

La colonne synthétique (Fig. 2) est établie en faisant abstraction des structures alpines. Celles-ci sont aisément identifiables sur le terrain : elles affectent les séquences sédimentaires mésozoïques jusqu'au Crétacé et, au sein des complexes métamorphiques, elles se réduisent le plus souvent à des chevauchements de faible ampleur, développés en dehors de toute évolution métamorphique notable.

Les structures symmétamorphiques, antérieures à ces structures alpines et sur lesquelles on reviendra plus loin, correspondent à une foliation elle-même affectée par des plis antiformes, au cœur desquels apparaissent les niveaux les plus profonds. Sur ces



Pour citer cet article : N. Raehidnejad-Omran et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 1185–1191

Fig. 1. A. Carte schématique d'Iran montrant la localisation de la zone étudiée. **B.** Carte géologique de la zone étudiée. Les sites de l'échantillonnage réalisé dans des buts chronologiques (datation ^{40}K - ^{40}Ar) sont indiqués ainsi que les échantillons analysés chimiquement.

Fig. 1. A. Schematic map of Iran with location of the study area. **B.** Geological map of the study area with sites of sampling for isotopic dating purposes and samples collected for geochemical analyses.

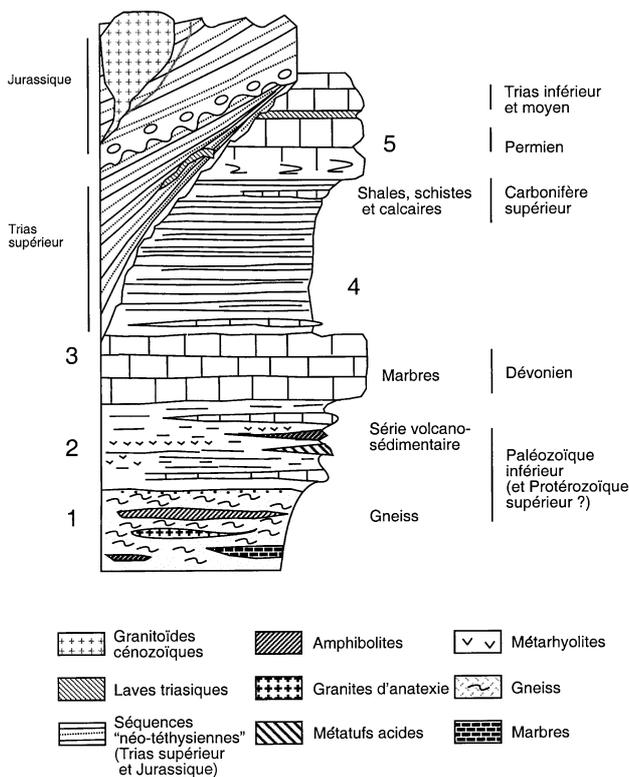


Fig. 2. Colonne lithostratigraphique synthétique présentant les différents groupes.

Fig. 2. Synthetic stratigraphical column showing the different groups.

bases, on peut définir, de bas en haut de la colonne, plusieurs « groupes ».

– Le groupe 1 est constitué de gneiss gris, ortho- et paradérivés, qui admettent des intercalations mineures d'amphibolites à grenat, de marbres et de micaschistes à grenats et de granites d'anatexie clairs. Au sommet, un horizon décimétrique de métaquartzites est souvent rencontré.

– Le groupe 2 montre des alternances d'épaisseur décimétrique à métrique de micaschistes, de calcschistes et de roches orthodérivées, dont certaines sont des amphibolites provenant d'anciennes coulées ou de sills basiques, d'autres, plus claires, dérivant de rhyolites ou, plus souvent, de tufs acides. Ces dernières sont associées, vers le sommet, à des concentrations métalliques, dont l'or, exploité depuis peu, en relation avec des émanations sulfurées de centres exhalatifs (Fig. 1B).

– Le groupe 3 est fait de niveaux carbonatés marmorisés, d'épaisseur métrique à plurimétrique, alternant avec des niveaux d'épaisseur réduite de micaschistes et de schistes. Certains marbres contiennent des lits de cherts, parfois affectés par une tectonique synsédimentaire encore préservée.

– Le groupe 4 consiste en des schistes gris, des siltites sombres, avec des intercalations carbonatées devenant de plus en plus fréquentes vers le sommet.

– Le groupe 5 est constitué de grosses barres de calcaire bleu, parfois en contact anormal sur les niveaux sous-jacents. Au-dessus repose, en discordance angulaire, une couverture sédimentaire méso- et cénozoïque dont les premiers termes sont les terrains pélicitiques du Trias supérieur et les terrains détritiques plus grossiers du Jurassique.

3. Les protolites métamorphiques

Peu de datations paléontologiques sont réalisables dans ces séries métamorphiques. Des traces algaires découvertes dans des carbonates du groupe 3 et étudiées récemment par Partow Azar du Service géologique d'Iran (communication orale, 2000) indiquent que le Dévonien supérieur (Famennien) est représenté ici. Des niveaux sommitaux du groupe 4, à faciès de biosparite dolomitisée, ont livré *Eotuberitina* sp. et *Archeosphaera* sp., du Carbonifère inférieur (dét. M. Monibi, Service géologique d'Iran). Les traces de *Baltisphaeridium* de l'Ordovicien signalées ici [9] sont probablement remaniées. Plus haut encore dans la séquence, les calcaires bleus du groupe 5 contiennent des Foraminifères, en cours d'étude, pas plus âgés que le Carbonifère et probablement permien. Latéralement, d'ailleurs, des séries carbonatées semblables à celles du groupe 5 sont fossilifères et datent en effet le Permien [6].

En plus des déterminations paléontologiques, la comparaison avec les séries non métamorphiques de l'Iran central apporte des éléments de datation : (i) les gneiss de base du groupe 1 sont aisément corrélés avec les grès de Lalun du Cambrien inférieur et moyen, épais d'environ 500 m et couronnés, comme eux, par une barre de quartzites de 50 à 150 m d'épaisseur ; (ii) au-dessus, le groupe 2 est rapporté aux siltites et carbonates des formations de Mila et de Kuh Bana, du Cambrien supérieur ; (iii) les marbres du groupe 3 évoquent les puissants calcaires dévoniens de la formation de Bahram.

Les quelques datations paléontologiques dont nous disposons concordent bien avec les comparaisons effectuées avec les séries non métamorphiques d'Iran central. Toutes ces données montrent que l'ensemble de la colonne étudiée représente le Paléozoïque, plus précisément le Paléozoïque inférieur (et peut-être le Protérozoïque supérieur) pour les groupes 1 et 2, le Paléozoïque moyen pour le groupe 3, le Carbonifère pour le groupe 4 et enfin, le Permien pour le groupe 5.

4. Les manifestations magmatiques

Elles sont présentes (Figs. 1B et 2) dans les groupes 1 et 2, dans les séries du Trias supérieur et du Jurassique, enfin dans des ensembles grenus post-

Tableau 1. Analyses chimiques (majeurs et traces) par ICP–AES de roches représentatives de la suite magmatique (J. Cotten, analyste, UBO). **RM 104** : métagabbro ; **RM 365** : amphibolite ; **RM 413** : gneiss ; **RM 168** : métarhyolite ; **RM 364** : granite.

Table 1. ICP-AES geochemical analyses (major and trace elements) of representative rocks from the magmatic series (J. Cotten, analyst, UBO). ICP–AES geochemical analyses (major and trace elements) of representative rocks from the magmatic series (J. Cotten, analyst, UBO). **RM 104**: metagabbro; **RM 365**: amphibolite; **RM 413**: gneiss; **RM 168**: metarhyolite; **RM 364**: granite.

Échantillon (%)	RM 104	RM 365	RM 413	RM 168	RM 364
SiO ₂	47,05	47,50	76,50	76,80	78,70
TiO ₂	0,79	1,26	0,23	0,18	0,09
Al ₂ O ₃	16,25	16,20	13,25	12,40	11,60
Fe ₂ O ₃	10,80	14,70	1,22	2,14	1,30
MnO	0,16	0,39	0,01	0,01	0,00
MgO	7,50	8,22	0,36	0,54	0,06
CaO	9,25	4,95	2,80	0,25	0,20
Na ₂ O	2,70	3,35	4,32	3,45	4,00
K ₂ O	0,60	0,14	0,61	2,16	3,44
P ₂ O ₅	0,11	0,21	0,08	0,01	0,00
Perte au feu	4,32	2,52	0,36	1,39	0,29
Total	99,53	99,44	99,74	99,33	99,68
(ppm)					
Rb	15,5	2,3	26	53,5	86
Sr	340	125	189	35	34
Ba	157	123	135	855	985
Sc	24	34	3,7	9	2,9
V	170	238	22	7	5
Co	32	17	3,5	0,5	1
Ni	120	62	11	2	7
Zr	18	17	10	98	40
Nb	8,4	7	8	12,2	23
La	6,9	11,5	16	8,5	51
Ce	15	24	31	16	108
Nd	7,5	16,5	15	10,2	56
Sm	2,1	4,1	4,2	1,85	12
Eu	0,79	1,23	0,82	0,15	1,08
Gd	2,3	4,5	5,2	1,2	12,7
Dy	2,5	4,85	6,3	1,3	9,8
Er	1,4	2,65	3,8	0,9	4,6
Yb	1,05	2,65	3,67	1,20	4,60
Th	0,8	1,4	14,7	11,6	15
Y	13	26,5	42	8	48

cinématiques tout au long de la zone de Sanandaj–Sirjan, ici à l’ouest de la région étudiée, ceux, dioritique, de Sfarjed, et granitique, de Ghaïdou.

Une sélection de compositions géochimiques de roches magmatiques prélevées dans les groupes 1 et 2, localisées sur la Fig. 1B, est donnée dans le Tableau 1. Des volcanites acides, rhyolites et tufs, d’affinité tholéïitique, sont les protolites des roches du complexe volcano-sédimentaire ; des laves de composition basique sont également présentes et ont pu constituer avec les laves acides une série magmatique bimodale. Les amphibolites forment des corps de puissance plurimétrique contenus à l’intérieur de ces groupes et dans la série volcano-sédimentaire, surtout acide, de Mouth. Ce sont d’anciennes coulées ou d’anciens sills basiques, mis en place au Paléozoïque, tout comme les roches métavolcaniques acides.

Les roches anatectiques sont, d’une part, des granites migmatitiques, présents en petits massifs dans les gneiss de la région étudiée (groupe 1) et, d’autre part, des filonnets clairs de composition quartzofeldspathique, produits de la fusion partielle ayant affecté des amphibolites (groupes 1 et 2) qui s’insinuent au sein de ces roches, en recoupant leur foliation. Des coulées volcaniques mésozoïques sont intercalées dans les séries sédimentaires.

5. Développement de la structure régionale et datations ⁴⁰K–⁴⁰Ar

Le caractère fondamental de la structure de la portion de la zone de Sanandaj–Sirjan étudiée ici est une foliation régionale symmétamorphique fondamentale,

Tableau 2. Datations ^{40}K – ^{40}Ar de minéraux et de roches. Les âges isotopiques ont été calculés selon les constantes dans [10] et les incertitudes selon la proposition de Mahood et Drake [4]. Abréviations de la colonne « fraction datée » : **RT**, roche totale ; **A**, amphibole ; **B**, biotite ; **Pl** : plagioclase.

Table 2. ^{40}K – ^{40}Ar dating of separated minerals and whole rocks. Isotopic ages are calculated along recommended constants in [10] and errors are quoted following Mahood and Drake [4]. Abbreviations for column entitled 'Fraction datée': **RT**, whole rock; **A**, amphibole; **B**, biotite; **Pl**, plagioclase.

Échantillon	Nature	Fraction datée	Age \pm inc. (Ma)	K ₂ O (%)	Poids (g)	$^{40}\text{Ar}_R$ (%)	$^{40}\text{Ar}_R$ ($10^{-7} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$)	Réf. analyse
RM 300 B	Métabasalte, complexe volcano-sédimentaire	B + A	76,1 \pm 1,2	6,26	0,3021	94,9	156,9	5249
RM 428 B	Centre exhalatif, Chah Khatoun, biotite	B	84,4 \pm 1,3	8,90	0,1549	85,0	247,8	5217
			85,0 \pm 1,3		0,1518	92,5	249,7	5219
RM 323	Granite de Chah Khatoun	RT	124,4 \pm 4,4	0,39	0,2015	58,0	16,15	5253
			128,3 \pm 4,7		0,2010	46,2	17,00	5248
RM 461	Granite de Chah Khatoun	B	67,5 \pm 1,0	5,86	0,1003	86,9	130,0	5726
			68,9 \pm 1,0		0,103	90,5	132,7	5727
RM 365 F	Amphibolite	Pl	109,0 \pm 9,2	0,155	0,3550	37,0	5,62	5230
RM 365 A		A	150,9 \pm 11,6	0,160	0,4072	55,5	8,28	5290
			156,1 \pm 13,5		0,2508	49,3	8,37	5240
					0,3500	29,2	8,76	5227
RM 359 F	Gabbro	Pl	98,0 \pm 5,9	0,27	0,3500	29,2	8,76	5227
			99,4 \pm 4,7		0,3507	35,7	8,89	5238
					0,2525	52,7	12,62	5229
RM 359 A		A	162,7 \pm 8,6	0,23	0,2525	52,7	12,62	5229
			164,6 \pm 8,7		0,2525	52,1	12,78	5239
					0,1019	86,5	165,9	5672
RM 477	Gneiss d'Aderba	B	60,0 \pm 0,9		0,1019	86,5	165,9	5672
RM 478b	Amphibolite	A	174,5 \pm 2,9	0,33	0,2568	72,9	19,50	5674
RM 473	Dyke, diorite de Sfarjed	RT	64,2 \pm 1,2	2,18	0,4044	89,6	45,96	5666
RM 469	Granite de Ghaidou							
RM 469a	Aplite	RT	57,1 \pm 0,9	6,11	0,1506	83,6	114,3	5662
			57,2 \pm 0,9		0,5004	94,9	114,5	5657
RM 469b	Granite à tourmaline	B	58,4 \pm 0,9	8,05	0,0997	85,3	154,0	5673
RM 469c	Filon de microgranite	RT	56,1 \pm 0,9	5,65	0,2031	82,2	103,7	5661

composite (S_{0-1-2}), subparallèle à des plans de cisaillement symmétriques, sur lesquels une linéation minérale faiblement plongeante traduit une importante composante latérale.

L'âge de la déformation régionale synmétamorphique n'est pas aisément déterminé, car l'ensemble des roches paléozoïques, y compris celles du Permien, sont affectées par la déformation. Au-dessus, la discordance des roches du Trias supérieur sur les complexes métamorphiques définit la phase éocimmérienne des auteurs.

Les datations ^{40}K – ^{40}Ar réalisées dans le cadre de cette étude sur roches totales et sur minéraux finement séparés, sont présentées dans le Tableau 2. Les sites de prélèvement ainsi que les résultats obtenus sur les fractions séparées des échantillons sont précisés (Fig. 1B). On peut constater d'emblée que les âges isotopiques mesurés sont (i) tous plus récents que 174 Ma (Jurassique moyen) et ne reflètent pas l'histoire initiale du complexe et (ii) qu'ils se répartissent en trois groupes spatio-temporels distincts : entre 174 et 153 Ma (âges des amphiboles dans la foliation des amphibolites), entre 85 et 68 Ma (biotite et roche totale du complexe granitique de Chah Khatoun) et, en-

fin, entre 64 et 56 Ma (biotite et roches totales du granite de Ghaidou).

Les âges ^{40}K – ^{40}Ar des amphiboles syncinématiques, extraites soigneusement d'amphibolites, sont interprétés comme ceux de la fermeture de ces chronomètres, soit à la température moyenne de 475 °C adoptée selon [3], en notant toutefois que des propositions récentes [12] font état de valeurs avoisinant 600 °C. Cette température est franchie lors de la décroissance du climat thermique élevé qui a régné dans cette zone au cours du Jurassique moyen (s. l.) et plus précocement par le complexe des gneiss et plus récemment par le complexe volcano-sédimentaire. Notons de toute façon que l'âge de la foliation déterminée par les amphiboles est mésozoïque. Nous rapportons à la même histoire thermique les âges plus récents mesurés sur des biotites, dont le seuil de fermeture se situe aux environs de 300 °C, ainsi que les résultats sur des roches totales du complexe volcano-sédimentaire (groupe 2). Enfin, le groupe de données relatif au granite de Ghaidou apporte une chronologie isotopique qui reflète les relations précisément observées sur le terrain, ce qui nous conduit à interpréter

ces résultats en tant qu'âges de mise en place d'un complexe magmatique au Paléocène.

6. Discussion et conclusions

Comparée à celle de l'Iran central, la colonne lithostratigraphique paléozoïque décrite ici se caractérise par :

(i) son épaisseur plus importante, difficile à évaluer en raison de sa déformation, mais certainement plurikilométrique ;

(ii) les faciès initiaux plus détritiques (anciennes *grauwackes*) et les indices, encore perceptibles, d'une tectonique synsédimentaire ;

(iii) la présence de nombreuses roches d'origine magmatique, basiques (amphibolites) et acides (rhyolites et tufs de Mouteh), dont l'ensemble a pu constituer une suite bimodale.

Pour ces trois raisons, et considérant la grande extension du bassin paléozoïque dans lequel se sont déposées ces séries sédimentaires et se sont mis en place les magmas contemporains, nous interprétons cette zone en termes de *rifting* : ainsi, cette zone a été soumise, au Protérozoïque terminal (?) et au Paléozoïque inférieur, à une extension crustale, au cours de laquelle des magmas basiques et acides se sont mis en place dans les niveaux supérieurs de la croûte, à l'intérieur de bassins intracontinentaux.

Ce rift, certainement actif au début du Paléozoïque, a avorté au Dévonien, comme semblent le prouver les

séquences dévono-carbonifères et surtout permienues, qui excluent des dépôts profonds et un milieu particulièrement subsident.

La concordance des couches permienues du groupe 5 sur les niveaux dévono-carbonifères sous-jacents implique ici l'absence d'une déformation hercynienne. La discordance généralisée du Trias supérieur et du Jurassique sur l'ensemble des terrains sous-jacents et le remaniement de ceux-ci dans les terrains mésozoïques résultent de l'existence de mouvements tectoniques dont l'âge est compris entre le Trias moyen et le Trias supérieur. Ces mouvements sont connus depuis longtemps en Iran sous le nom de « phase éocimmérienne ». Les âges ^{40}K - ^{40}Ar différents obtenus sur les amphibolites de Muteh amènent à s'interroger sur la signification de cette « phase » et sur le mécanisme en jeu dans la diminution progressive de la température des séries métamorphiques. L'isotherme 300 °C, qui correspond à la température de blocage du chronomètre « biotite K-Ar » semble atteint à la fin du Crétacé. Ainsi, les séries étudiées auraient été soumises aux conditions métamorphiques évoquées pendant une longue période, jusqu'à leur exhumation finale, à la fin du Mésozoïque.

Enfin, le volcanisme basique et les granitoïdes datés du Paléocène sont postérieurs non seulement à la déformation synmétamorphique au cours de laquelle s'est constituée la foliation, mais aussi aux chevauchements et écaillages « alpins ».

Remerciements. Nous remercions les deux lecteurs de cette note pour leurs remarques et suggestions très constructives. Ces travaux ont été réalisés dans la région grâce à l'appui et aux contributions du service géologique d'Iran, de l'université Tarbiat-Modarres (Téhéran), et du programme de Coopération franco-iranien du ministère des Affaires étrangères dans le domaine de la géologie. Jean-Claude Philippet et Joseph Cotten à Brest, sont chaleureusement remerciés pour leurs contributions majeures respectives dans la datation isotopique et l'analyse géochimique des échantillons.

Références

[1] M. Alavi, Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations, *Tectonophysics* 229 (1994) 211–238.

[2] M. Berberian, G.C. King, Towards a palaeogeography and tectonics evolution of Iran, *Can. J. Earth Sci.* 18 (1981) 210–265.

[3] T.M. Harrison, R.L. Armstrong, C.W. Naeser, J.E. Harakal, Geochronology and thermal history of the Coast plutonic complex, near Prince Rupert, British Columbia, *Can. J. Earth Sci.* 16 (3) (1979) 400–410.

[4] G.A. Mahood, R.E. Drake, K-Ar dating young rhyolitic rocks: a case study of the Sierra La Primavera, Mexico, *Geol. Soc. Am. Bull.* 93 (1982) 1232–1241.

[5] M. Mohajjel, Structure and tectonic evolution of Palaeozoic and Mesozoic rocks, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran, thèse, université de Wollongong, Nouvelle-Galles du Sud, Australie, 1997.

[6] M.H. Nabavi, An introduction to geology of Iran, *Int. Rep., Geol. Surv. Iran*, 1976, 109 p. (en persan).

[7] N. Rachidnejad-Omran, Petrology and geochemistry of meta volcano-sedimentary and plutonic rocks of Muteh area with special respect to genesis of gold mineralization, south Delijan, SSW of Tehran, Iran, thèse, université Tarbiat Modares, 2002, 420 p. (en persan).

[8] M. Sabzehei, An introduction to general geological features of metamorphic complexes in southern Sanandaj-Sirjan zone, *Geol. Surv. Iran*, 1996 (sous presse, en persan).

[9] M. Sharifi, Geology and petrology of metamorphic and igneous rocks in the NE of Golpaygan area, thèse M.Sci., université d'Ispahan, 1997, 258 p. (en persan).

[10] R.H. Steiger, E. Jäger, Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology, *Earth Planet. Sci. Lett.* 36 (1977) 359–362.

[11] O. Thiele, M. Alavi, R. Assefi, A. Hushmand-Zadeh, K. Seyed-Emami, M. Zahedi, Explanatory text of the Golpaygan Quadrangle Map, 1:250 000, *Geol. Surv. Iran*, 1968.

[12] I.M. Villa, Isotopic closure, *Terra Nova* 10 (1998) 42–47.